

#2  
C. Barnes  
8-3001

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Kenji HAGIWARA et al.**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **March 12, 2001**

For: **SIMULATOR FOR AUTOMATIC VEHICLE TRANSMISSION CONTROLLERS**

11046 U.S. PTO  
09/802974  
03/12/01

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

March 12, 2001

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

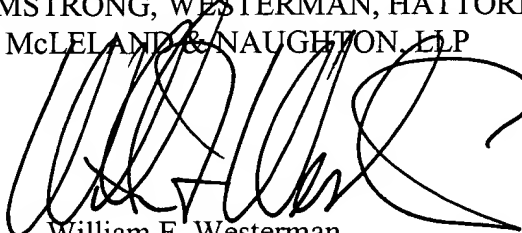
**Japanese Appln. No. 2000-070580, filed on March 14, 2000**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI  
McLELAND & NAUGHTON, LLP



William F. Westerman  
Reg. No. 29,988

Atty. Docket No.: 010315  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
WFW/yap

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

11046 U.S. PTO  
09/802974  
03/12/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 3月14日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-070580

願 人  
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

Best Available Copy

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 2月 9日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3007110

【書類名】 特許願

【整理番号】 H099911501

【提出日】 平成12年 3月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F16H 61/00

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 萩原 顕治

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 鈴木 祥一

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 竹田 洋平

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 寺山 哲

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 依田 公

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081972

【住所又は居所】 東京都豊島区東池袋 1 丁目 2 0 番 2 号 池袋ホワイトハ  
ウスビル 8 1 6 号

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 豊

【電話番号】 03-5956-7220

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049836

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9106014

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 変速制御装置の開発支援装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関に接続され、所定の制御アルゴリズムに従って少なくともスロットル開度および車速に基づいて油圧アクチュエータを介して前記内燃機関の出力を変速して駆動輪に伝達する車両用の自動変速機の制御装置の開発支援装置において、

- a. 前記自動変速機の制御装置に接続され、その変速制御アルゴリズムを入力して格納する格納手段、
- b. 少なくとも前記スロットル開度および車速を意味する信号と前記油圧アクチュエータの動作用信号を含む疑似信号を生成する疑似信号生成手段、
- c. 前記生成された疑似信号を入力し、前記格納された変速制御アルゴリズムに従って予め設計された前記内燃機関、自動変速機および車体系の動作をそれぞれ記述する第 1、第 2、および第 3 のモデルを用いて第 1 の計算処理周期ごとに前記第 1、第 2、および第 3 のモデルの出力を計算する第 1 の計算手段、
- d. 前記計算された第 1 および第 2 のモデルの出力を入力し、予め設計された前記第 2 のモデルの中の非線形な動作を記述する第 4 のモデルを用いて前記第 1 の計算処理周期よりも短い第 2 の計算処理周期ごとに前記第 4 のモデルの出力を計算する第 2 の計算手段、  
および
- e. 前記第 1 の計算手段によって計算された前記第 1 から第 3 のモデルの出力に基づいて前記格納された変速制御アルゴリズムを検証・評価する評価手段、  
を備えたことを特徴とする変速制御装置の開発支援装置。

【請求項 2】 前記第 4 のモデルが、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作を記述するモデルであることを特徴とする請求項 1 項記載の変速制御装置の開発支援装置。

【請求項 3】 前記第 2 の計算処理周期が、前記第 4 のモデルの入力に対するステップ応答結果に基づいて決定されることを特徴とする請求項 1 項または 2

項記載の変速制御装置の開発支援装置。

【請求項 4】 前記第 4 のモデルが入力を  $\lambda$  関数を介して出力するように構成されると共に、前記第 2 の計算処理周期が、前記  $\lambda$  関数の逆数に比例するように決定されることを特徴とする請求項 3 項記載の変速制御装置の開発支援装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は変速制御装置の開発支援装置に関し、具体的には車両用の自動変速機の制御装置のアルゴリズムを検証・評価する開発支援装置、より具体的には車両用の自動変速機の制御装置のアルゴリズムを検証・評価するシミュレータに関する。

【0002】

【従来の技術】

本出願人は、先に、特開平 8 - 1 2 1 5 8 3 号公報において、走行状況などを連続的に計測し、その計測データに基づいて変速ショックに関する評価指標を計算し、その計算結果を操作状況や変速の種類などで区分して出力させることによって変速特性などのセッティングを容易に行えるようにした自動変速機の制御装置の開発支援装置を提案している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

近時、実機上での走行を実時間（リアルタイム）でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価する開発支援装置、より具体的にはシミュレータの開発が強く望まれているが、自動変速機のモデルを理想的に設計したとしても、モデルが非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含むため、実時間でシミュレートするのは最高速の演算器を使用しても良好な結果を得ることができない。

【0004】

そのような非線形部分の動作を精度良くシミュレートするために  $\lambda$  関数および積分要素を用いて記述することが考えられるが、その場合、一般的に約  $1 \mu \text{sec}$  ごとに計算する必要があるので、計算頻度が極めて頻繁となり、1 回の変速を

シミュレートするだけでも多大な時間を要する。

【0005】

従って、この発明の目的は上記した課題を解決し、非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価できるようにした変速制御装置の開発支援装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を解決するために、この発明は請求項1項にあっては、内燃機関に接続され、所定の制御アルゴリズムに従って少なくともスロットル開度および車速に基づいて油圧アクチュエータを介して前記内燃機関の出力を変速して駆動輪に伝達する車両用の自動変速機の制御装置の開発支援装置において、前記自動変速機の制御装置に接続され、その変速制御アルゴリズムを入力して格納する格納手段、少なくとも前記スロットル開度および車速を意味する信号と前記油圧アクチュエータの動作信号を含む疑似信号を生成する疑似信号生成手段、前記生成された疑似信号を入力し、前記格納された変速制御アルゴリズムに従って予め設計された前記内燃機関、自動変速機および車体系の動作をそれぞれ記述する第1、第2、および第3のモデルを用いて第1の計算処理周期ごとに前記第1、第2、および第3のモデルの出力を計算する第1の計算手段、前記計算された第1および第2のモデルの出力を入力し、予め設計された前記第2のモデルの中の非線形な動作を記述する第4のモデルを用いて前記第1の計算処理周期よりも短い第2の計算処理周期ごとに前記第4のモデルの出力を計算する第2の計算手段、および前記第1の計算手段によって計算された前記第1から第3のモデルの出力に基づいて前記格納された変速制御アルゴリズムを検証・評価する評価手段、を備える如く構成した。

【0007】

格納された変速制御アルゴリズムに従って予め設計された内燃機関、自動変速機および車体系の動作をそれぞれ記述する第1、第2、および第3のモデルを用いて第1の計算処理周期ごとにモデルの出力を計算すると共に、計算された第1

および第2のモデルの出力を入力し、予め設計された第2のモデルの中の非線形な動作を記述する第4のモデルを用いて第1の計算処理周期よりも短い第2の計算処理周期ごとに第4のモデルの出力を計算し、第1の計算手段によって計算された第1から第3のモデルの出力に基づいて格納された変速制御アルゴリズムを検証・評価する如く構成したので、非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

## 【0008】

請求項2項にあっては、前記第4のモデルが、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作を記述するモデルである如く構成した。

## 【0009】

第4のモデルが、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作を記述するモデルである如く構成したので、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作のような非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

## 【0010】

請求項3項にあっては、前記第2の計算処理周期が、前記第4のモデルの入力に対するステップ応答結果に基づいて決定される如く構成した。

## 【0011】

第2の計算処理周期が、第4のモデルの入力に対するステップ応答結果に基づいて決定される如く構成したので、第2の計算処理周期を的確に決定することができ、よって変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作のような非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

## 【0012】

請求項4項にあっては、前記第4のモデルが入力を $\lambda$ 関数を介して出力するように構成されると共に、前記第2の計算処理周期が、前記 $\lambda$ 関数の逆数に比例するように決定される如く構成した。



## 【 0 0 1 3 】

第 4 のモデルが入力を  $\lambda$  関数を介して出力するように構成されると共に、第 2 の計算処理周期が、 $\lambda$  関数の逆数に比例するように決定される如く構成したので、第 2 の計算処理周期を一層的確に決定することができ、よって変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作のような非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

## 【 0 0 1 4 】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面に即してこの発明の一つの実施の形態に係る変速制御装置の開発支援装置、より具体的にはシミュレータを説明する。

## 【 0 0 1 5 】

図 1 はその装置を全体的に示す概略図である。

## 【 0 0 1 6 】

図示の如く、開発支援装置、より具体的にはシミュレータ 1 0 は、シミュレータ本体 1 2 を備える。シミュレータ本体 1 2 はマイクロコンピュータからなり、CPU 1 2 a、メモリ 1 2 b、各種ボード 1 2 cなどを備える。CPU 1 2 aは、量産用の CPU に対し整数演算で比較すると、約 1 0 0 倍以上の高速計算処理能力を有する。

## 【 0 0 1 7 】

シミュレータ本体 1 2 には、入出力インターフェース 1 4 を介して電子制御ユニット（以下「ECU」という）1 6 が接続される。ECU 1 6 は前記した変速制御装置に相当する量産用の ECU であり、少なくともスロットル開度  $\theta_{TH}$  および車速  $V$  に基づいて油圧アクチュエータを介して内燃機関（以下「エンジン」という）の出力を変速する変速比を決定する変速制御アルゴリズムが格納される。

## 【 0 0 1 8 】

ECU 1 6 に格納される変速制御アルゴリズムは入出力インターフェース 1 4 を介してシミュレータ本体 1 2 に入力され、そのメモリ 1 2 b に格納される。

## 【 0 0 1 9 】

また、入出力インターフェース 1 4 にはリニアソレノイド疑似信号生成器 1 8 およびシフトソレノイド疑似信号生成器 2 0 が接続され、それら生成器 1 8, 2 0 で生成された疑似信号は、入出力インターフェース 1 4 を介してシミュレータ本体 1 2 に入力される。この疑似信号は、後述するクラッチなどの油圧アクチュエータを動作させるための信号である。

## 【 0 0 2 0 】

さらに、シミュレータ本体 1 2 には、入出力インターフェース 1 4 を介してスロットル開度  $\theta_{TH}$  および車速  $V$  を意味する疑似信号も入力される。

## 【 0 0 2 1 】

他方、シミュレータ本体 1 2 のメモリ 1 2 b には、予め設計されたエンジン、自動変速機および車体系の動作をそれぞれ記述する第 1、第 2、および第 3 のモデル（および第 2 のモデルの中の非線形な動作（クラッチ油圧供給動作）を記述する第 4 のモデル。図 1 で図示省略）がダウンロードされる。

## 【 0 0 2 2 】

シミュレータ本体 1 2 は生成された疑似信号を入力し、格納された変速制御アルゴリズムに従って第 1 から第 3 のモデルを用いて所定の計算処理周期ごとにそれらモデルの出力（例えばドライブシャフトトルク  $TDS$ 、エンジン回転数  $N_e$ 、クラッチ油圧  $P_{cn}$  など）を計算し、格納された変速制御アルゴリズムを検証あるいは評価すると共に、その出力（および検証あるいは評価の結果）をディスプレイ 2 4 を通じて表示する。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 を参照し、図示のシミュレータ 1 0 の設計手順を説明すると、先ず S 1 0 において前記したエンジン、自動変速機などの動作を記述する第 1 から第 4 のモデルを設計する。

## 【 0 0 2 4 】

最初に自動変速機の動作を記述するモデル（第 2 のモデル）の設計について説明する。

## 【 0 0 2 5 】

図 3 はそのモデルが前提とする自動変速機の説明断面図であり、自動変速機 T (以下「ミッション」という) は、前進 4 速および後進 1 速の平行軸式の有段自動変速機からなり、車両 (乗用車。図示せず) に搭載される。

## 【 0 0 2 6 】

ミッション T は、エンジンのクランクシャフト (図示せず) にロックアップ機構を有するトルクコンバータ 3 0 を介して接続されるメインシャフト (入力軸) M S と、このメインシャフト M S に複数のギヤ列を介して接続されるカウンタシャフト (出力軸) C S と、このメインシャフト M S およびカウンタシャフト C S に複数のギヤ列を介して接続されるセカンダリシャフト S S を備える。

## 【 0 0 2 7 】

メインシャフト M S には、4 速ドライブギヤ 3 2 とリバースドライブギヤ 3 4 が隣接して回転自在に支持されると共に、3 速ドライブギヤ 3 6 が回転自在に支持される。

## 【 0 0 2 8 】

カウンタシャフト C S には、セカンダリシャフト S S のギヤに噛合する 2 速ドリブンギヤ 3 8 と 1 速ドリブンギヤ 4 0 が固定されると共に、メインシャフト M S のギヤに噛合する 4 速ドリブンギヤ 4 2 と 3 速ドリブンギヤ 4 4 が固定される。また、リバースドリブンギヤ 4 6 が固定される。

## 【 0 0 2 9 】

セカンダリシャフト S S には、1 速ドライブギヤ 5 0 と 2 速ドライブギヤ 5 2 が回転自在に支持される。

## 【 0 0 3 0 】

また、メインシャフト M S には第 1 のリダクションギヤ 5 4 が固定されると共に、カウンタシャフト C S には第 2 のリダクションギヤ 5 6 が回転自在に支持される。さらに、セカンダリシャフト S S には第 3 のリダクションギヤ 5 8 が固定され、これら第 1 から第 3 のリダクションギヤ 5 4、5 6、5 8 を介してメインシャフト M S の回転がセカンダリシャフト S S に減速されつつ伝えられる。

## 【 0 0 3 1 】

上記で、1 速クラッチ 1 C (油圧クラッチ。油圧アクチュエータ) に油圧を供

給して1速ドライブギヤ52をセカンダリシャフトSS上に固定すると、1速（ギヤ。変速段）が確立する。

【0032】

2速クラッチ2C（油圧クラッチ。油圧アクチュエータ）に油圧を供給して2速ドライブギヤ50をセカンダリシャフトSS上に固定すると、2速（ギヤ。変速段）が確立する。

【0033】

3速クラッチ3C（油圧クラッチ。油圧アクチュエータ）に油圧を供給して3速ドライブギヤ36をメインシャフトMS上に固定すると、3速（ギヤ。変速段）が確立する。

【0034】

4速クラッチ4C（油圧クラッチ。油圧アクチュエータ）に油圧を供給して4速ドライブギヤ32をメインシャフトMS上に固定すると、4速（ギヤ。変速段）が確立する。

【0035】

4速クラッチ4Cに油圧を供給すると共に、セレクタを介してリバースドライブギヤ34をメインシャフトMS上に固定すると、リバースギヤ（後進段）が確立する。尚、リバースドライブギヤ34の回転は、図示しないカウンタギヤを介してリバースドリブンギヤ46に伝えられる。

【0036】

カウンタシャフトCSはファイナルドライブギヤ60に接続され、ファイナルドライブギヤ60はファイナルドリブンギヤ62に接続される。ファイナルドリブンギヤ62はディファレンシャル64を介してドライブシャフト66に接続され、ドライブシャフト66には駆動輪（図示せず）が接続され、よって変速されたエンジン出力は、カウンタシャフトCSから駆動輪に伝達される。

【0037】

尚、図示は省略するが、エンジンおよびミッションTは車両に搭載されると共に、エンジンあるいは車両の適宜位置には、エンジン回転数Neに応じた出力を生じるクランク角センサ、エンジン負荷（吸気管内絶対圧）に応じた出力を生じ

る絶対圧センサ、スロットル開度  $\theta_{TH}$  に応じた出力を生じるスロットル開度センサ、車速  $V$  に応じた出力を生じる車速センサ、運転者が操作するシフトレバーの位置に応じた出力を生じるシフトレバーポジションセンサなどが設けられる。

## 【 0 0 3 8 】

また、メインシャフト  $MS$  の付近には回転数センサが設けられ、メインシャフト  $MS$  が 1 回転する度にメインシャフト回転数  $N_m$  を示す信号を出力すると共に、カウンタシャフト  $CS$  の付近にも回転数センサが設けられてカウンタシャフト  $CS$  が 1 回転する度にカウンタシャフト回転数  $N_c$  を示す信号を出力する。

## 【 0 0 3 9 】

また、ミッション  $T$  の適宜位置には温度センサが設けられ、油温 (Automatic Transmission Fluid 温度。作動油温) に比例した信号を出力すると共に、ブレーキペダル (図示せず) の付近にはブレーキスイッチが設けられ、運転者によってブレーキペダルが踏まれると、ON 信号を出力する。

## 【 0 0 4 0 】

これらセンサの出力は、変速制御装置を構成する前記した  $ECU16$  に送られる。

## 【 0 0 4 1 】

$ECU16$  は、図示しない  $CPU$ 、 $ROM$ 、 $RAM$ 、入力回路、および出力回路からなるマイクロコンピュータから構成され、先に述べたように、 $ROM$  に格納された変速アルゴリズムに従ってスロットル開度および車速に基づいてシフト位置 (ギヤあるいは変速段あるいは変速比) を決定する。

## 【 0 0 4 2 】

そして、前記したクラッチ (油圧アクチュエータ)  $1C$ 、 $2C$ 、 $3C$ 、 $4C$  に接続される油圧回路 (図示せず) に配置されたりニアソレノイドおよびシフトソレノイド (前記した疑似信号が生成されるものに対応。共に図示せず) の励磁/非励磁を介して決定した変速段 (シフト位置) となるように変速を制御する。

## 【 0 0 4 3 】

尚、この発明の特徴は  $ECU16$  が行う変速制御動作にあるのではなく、 $ECU16$  の変速制御動作を検証・評価するシミュレータ  $10$  にあるので、 $ECU1$

6が行う変速制御の説明はこの程度に止める。

【0044】

シミュレータ10の説明に戻ると、上記した平行軸式ミッションTの動作を運動方程式で示すと、図4のようになる。また、その変速過渡状態は、図4の末尾に示すようになる。また、使用されるパラメータの詳細は図示の通りである。

【0045】

さらに、図4に示す運動方程式を前提としてエンジンから車体系までの全体をモデル化すると、図5に示すようになる。図5において、「ENG」はエンジン（内燃機関）の動作を記述するエンジンモデル（第1のモデル）、「MISS」はミッションT（自動変速機）の動作を記述するミッションモデル（第2のモデル）、および「BODY」は車体系を記述する車体系モデル（第3のモデル）である。

【0046】

図5において、エンジンモデルの出力トルク $T_e$ は、トルクコンバータ30で変換されてミッションモデルに入力される。ミッションモデルの出力ドライブシャフトTDSは車体系モデルに入力される。車体系モデルは、車体系で損失する損失トルク $T_{LOSS}$ を出力する。

【0047】

他方、ミッションモデルは車速 $V$ を入力してメインシャフト回転数 $N_m$ を出力する。出力値はトルクコンバータ（T/C）30で変換され、エンジン回転数 $N_e$ としてエンジンに入力される。また、トルクコンバータ30のロックアップクラッチ（L/C）が動作するとき、エンジントルク $T_e$ はロックアップクラッチ出力トルク $T_{LC}$ に変換される。

【0048】

図5のミッションモデル（第2のモデル）を詳細に示すと、図6に示すようになる。図6において「クラッチ部」は前記した第2のモデルの中の非線形な動作を記述する第4のモデルであり、より具体的にはクラッチC1からC4の動作を記述するモデルである。

【0049】

図 6 において、トルクコンバータ出力トルク  $T_t$  とクラッチ部から出力されるメインシャフトトルク  $T_{outms}$  との差  $T_{rq}$  は、メインシャフトイナーシャ  $I_{ms}$  で除算されて回転角加速度（角度  $\theta$  の 2 次微分値）に変換され、さらに、積分要素  $1/S$  を介して回転角速度（角度  $\theta$  の 1 次微分値）に変換され、メインシャフト回転数  $N_m$  が出力される。

## 【 0 0 5 0 】

一方、メインシャフト回転数  $N_m$  はカウンタシャフト回転数  $N_c$ （車速  $V$  に比例）と共にクラッチ部に入力され、そこでメインシャフト出力トルク  $T_{outms}$  が出力され、前記したように加減算段でトルクコンバータ出力トルク  $T_t$  から減算されると共に、出力トルク  $T_{out}$  にギヤレシオ  $i_f$  を乗じてドライブシャフトトルク  $T_{DS}$  が出力される。

## 【 0 0 5 1 】

図 7 は前記した第 4 のモデルである、クラッチ部（および積分要素）の詳細を、クラッチ  $C_1$  から  $C_4$  の中の  $C_1$  を例にとって示す説明ブロック図である。

## 【 0 0 5 2 】

図示の如く、クラッチ部においては、メインシャフト回転数  $N_m$  とカウンタシャフト回転数  $N_c$  に 1 速のギヤレシオ  $i_1$  を乗じた値との差分（差回転）、より具体的には、メインシャフト回転数  $N_m$  より所定の減速比（例えば約 1.3 倍）だけ減速されたセカンダリシャフト  $SS$  の回転数と、カウンタシャフト回転数  $N_c$  に 1 速のギヤレシオ  $i_1$  を乗じた値、即ち、1 速ドライブギヤ 50 の回転数との差回転  $diff_1$  を  $\lambda$  関数に入力し、その出力に 1 速クラッチ伝達トルク  $T_{1c}$ （1 速クラッチ供給油圧  $P_{1c}$  に比例）を乗じてメインシャフトトルク  $T_{1cms}$ （1 速クラッチ  $1C$  によってメインシャフト  $MS$  に作用するトルク）を算出すると共に、さらに 1 速のギヤレシオ  $i_1$  を乗じてカウンタシャフトトルク  $T_{1ccs}$ （1 速クラッチ  $1C$  によってカウンタシャフト  $MS$  に作用するトルク）を算出する。

## 【 0 0 5 3 】

図 8 を参照して  $\lambda$  関数の機能について説明する。

## 【 0 0 5 4 】

$\lambda$  関数は図示の如く、入力（ $x$  軸）に対して出力（ $y$  軸）を所定の値に正規化する関数であり、この実施の形態においてはミッションの入力トルクを  $T_{in}$ 、出力トルクを  $T_{out}$  とするとき、クラッチが係合するエンゲージ領域では  $\lambda$  関数出力を 1 未満とすると共に、クラッチ滑り領域では 1 とするようにした。より具体的には、エンゲージ領域でのクラッチ伝達トルク  $T_c$  は、 $T_c \times \lambda$ （ここで  $\lambda < 1$ ）で算出する。また、この実施の形態において  $\lambda$  関数は、入力  $l_{rpm}$  に対して  $l_{rpm}$  を出力するように構成した。

## 【 0 0 5 5 】

尚、エンゲージ領域で  $\lambda$  関数出力を 1 未満としたのは、エンゲージ領域ではクラッチ伝達トルクが車体系などのイナーシャに消費されるためである。

## 【 0 0 5 6 】

図 9 を参照してさらに説明すると、図 9（a）の状態にあるとき、図 7 に示すブロック図において差回転  $d_{iff1}$  は 2 0 0 0 [rpm] となり、1 を超えるが、 $\lambda$  関数出力を 1 とすると、出力トルク  $T_{out}$  = クラッチ伝達トルク  $T_c$  となる。

## 【 0 0 5 7 】

その結果、出力トルク  $T_{out}$  が大きくなることから、カウンタシャフト回転数  $N_c$  が加速して零を超えると共に、入力トルク  $T_{in}$  とクラッチ伝達トルク  $T_c$  の差が大きく減少し、メインシャフト回転が減速する。即ち、図 9 の左側に示すように、メインシャフト回転数  $N_m$  とカウンタシャフト回転数  $N_c$  が接近する。

## 【 0 0 5 8 】

そして、図 9（b）の左側に示す如く、メインシャフト回転数  $N_m$  とカウンタシャフト回転数  $N_c$  が 1 [rpm] まで接近したとすると差回転がない状態となる。このエンゲージ領域では  $\lambda$  関数出力は 1 未満に設定され、出力トルク  $T_{out}$  = クラッチ係合トルク  $T_c \times \lambda$  となる。

## 【 0 0 5 9 】

出力トルク  $T_{out}$  は微小のため、カウンタシャフトはその回転数を保持すると共に、入力トルクと出力トルク（ $T_{out} \times \lambda$ ）の差も微小となってメインシ



ャフトもその回転を保持する。

【0060】

このように、図6に示すクラッチモデルにあっては、差回転を検出して入出力トルクがバランスするようにフィードバック制御される。

【0061】

変速過渡状態においてクラッチ伝達トルクは供給油圧に応じて変化するが、図示の如く、 $\lambda$ 関数を組み込むと共に積分要素を用いることにより、非線形性の高い油圧クラッチの動作を良く表現することができる。

【0062】

図2フロー・チャートの説明に戻ると、次いでS12に進み、高速化必要部分の最大刻み時間（サンプリング時間）を算出する。尚、最大刻み時間とは無限小からみた最大をいう。

【0063】

先に述べた如く、 $\lambda$ 関数および積分要素を用いる場合、一般的には、約 $1\mu\text{sec}$ ごとに計算する必要があって計算頻度が極めて頻繁となり、1回の変速をシミュレートするだけでも多大な時間を要する。

【0064】

図10は、図6のミッションモデルをより詳細に示すブロック図であり（クラッチ部としてクラッチC1、C2のみを示す）、図11はその入力トルク $T_t$ （トルクコンバータ出力トルク）に対する1速クラッチの伝達トルク $T_{1c}$ （より正確には $T_{1cms}$ ）のステップ応答結果を示すシミュレーションデータである。

【0065】

図11に示す如く、 $20\mu\text{sec}$ を超えると、実施の形態におけるような離散系にあっては系の状態変動を正確に表現することができず、シミュレーション精度が不良となる。そこで、この実施の形態においては最大刻み時間はその限界以内の時定数となるように、 $20\mu\text{sec}$ とした。

【0066】

以下、これについて説明すると、この刻み時間（換言すれば時定数）は、具体

的にはパワートレインのメインシャフトMSに換算されるイナーシャIとギヤレシオrに依存し、刻み時間を $\tau$ とするとその関係は以下の数式ようになる。

$$\tau = I \cdot (2.24 \times 10^{-6} \cdot r^2 - 2.4 \times 10^{-8} \cdot r + 8.54 \times 10^{-9}) \cdot 1.41 \times 10^2 \cdot (1/\lambda)$$

尚、ここで $\lambda$ とは $\lambda$ 関数を意味する。

#### 【0067】

図12は各部のステップ応答を比較する説明図であるが、エンジンモデルおよび車体系モデルに比較すれば、ミッションモデルの時定数がほとんど零で応答がステップ状となるのは、同図の下部に注意書きするように、エンジンおよび車体系のイナーシャがメインシャフトMSのイナーシャに比して極端に大きいことに起因する。

#### 【0068】

そこで、モデル内のパラメータを変化させてステップ応答を計算することにより、各パラメータと時定数の関係を求めたところ、図13から図15に示すような結果を得た。図13はイナーシャIと時定数（刻み時間） $\tau$ の関係を、図14は $\lambda$ 関数の逆数（ $\lambda$ 関数の傾き）と時定数（刻み時間） $\tau$ の関係を、図15はギヤレシオrと時定数（刻み時間） $\tau$ の関係を示す。

#### 【0069】

尚、図15においては、通常想定されるギヤレシオの範囲内で同図より2次の近似式を回帰計算より求めた（次数を2以上に増加させても精度は変わらないため、2次に止めた）。

#### 【0070】

図13から図15に示す如く、時定数（刻み時間） $\tau$ はイナーシャなどに比例する。これから、時定数（刻み時間） $\tau$ を数1のように算出した。上記したように、この値は具体的には20  $\mu$ secである。

#### 【0071】

図2フロー・チャートの説明に戻ると、次いでS14に進み、算出した刻み時間（時定数） $\tau$ がシミュレータ本体12のCPU12aの最小演算周期（CPUの処理能力）を超えるか否か判断する。尚、最小演算周期とは無限大からみた最

小をいう。

【0072】

先に述べたように、所期の精度を得るには刻み時間がある値以下に制限する必要があるが、刻み時間はCPUの処理能力に制約されるため、刻み時間がCPUの処理能力を超える場合、対策する必要がある。

【0073】

従って、S14で肯定されるときはS16に進み、処理能力内にあることから、ミッションモデルを含む全モデルの刻み時間を算出した値とする一方、否定されるときはS18に進み、部分高速化、即ち、ミッションモデルのクラッチ部（および積分要素）の刻み時間を算出した値とすると共に、ミッションの残余およびエンジンモデルならびに車体系モデルの刻み時間をシミュレータ本体12のCPU12aの処理能力から決定される値とする。

【0074】

より具体的には、図1に示すシミュレータ本体12のCPU12aの処理能力上の最大刻み時間はモデルの大きさに依存する。本実施の形態におけるモデルでは数百 $\mu\text{sec}$ 、より具体的には200 $\mu\text{sec}$ 程度が限界であり、よってエンジンモデルおよび車体系モデルの刻み時間を200 $\mu\text{sec}$ とした。換言すれば、エンジンモデル、ミッションモデルおよび車体系モデル系の刻み時間（200 $\mu\text{sec}$ ）を第1の計算処理周期とし、ミッションモデルの中のクラッチ部（および積分要素）の部分の計算周期を第1の計算処理周期よりも短い第2の計算処理周期（20 $\mu\text{sec}$ ）とする。

【0075】

次いでS20に進み、シミュレータ10を実装する。即ち、図1に示す如く、ECU16に接続して変速制御アルゴリズムを入力するなどの使用可能状態とする。

【0076】

次いで、実装されたシミュレータ10の動作を説明する。

【0077】

図16はそれを示すフロー・チャートであり、以下説明すると、S100にお

いてミッションモデルを含む全モデルの出力を計算する。

【0078】

図5に示す全体モデルの刻み時間 $200\mu\text{sec}$ を基本頻度とすると、非線形部を含むクラッチ部（および積分要素）については $20\mu\text{sec}$ ごとに繰り返し計算する。そのときの積分時間は、基本頻度／繰り返し回数とする。

【0079】

具体的には、高頻度計算ブロック部（クラッチ部および積分要素）の計算処理は、基本頻度計算ブロック部（図5に示す全体モデル）の関数としてコールされる。即ち、高頻度部の計算が終了するまで、基本頻度部の入力パラメータは固定されるように構成される。

【0080】

より具体的には、高頻度計算ブロックは基本頻度計算ブロック部に同期して起動されると、その計算が終了するまで、再起処理を行わず、起動されると、最初に前回の入力パラメータに基づいて処理済みの計算を繰り返し、その後今回の入力パラメータに基づいて計算する。かく構成することによって、計算頻度の異なるブロック部を用いつつ、系の全体をモデル化することができる。

【0081】

図17は、図5に示す全体モデルの刻み時間を基本頻度 $200\mu\text{sec}$ のみでシミュレーションした場合のクラッチ伝達トルク $T_c$ （1速クラッチC1の）を示すデータ図である。

【0082】

非線形部も $200\mu\text{sec}$ で計算処理した結果、図示の如く、変速制御アルゴリズムにおける目標値に対してシミュレーション結果は発振する。このように、シミュレーション精度が不十分であることから、格納した変速制御アルゴリズムの適否を十分に検証・評価することができない。尚、目標値とは陰解法により求めた実車と等しい値である。

【0083】

それに対し、図18は全体モデルを基本頻度計算ブロック部と高頻度計算ブロック部に分けてシミュレーションした場合のクラッチ伝達トルク $T_c$ （1速クラ

ッチ C 1 の) を示すデータ図である。

【 0 0 8 4 】

刻み時間を  $200\mu\text{sec}$  と  $20\mu\text{sec}$  に分けた結果、図示の如く、変速制御アルゴリズムにおける目標値に対してシミュレーション結果は良く追従しており、これによって格納した変速制御アルゴリズムの適否を十分に検証・評価することができる。

【 0 0 8 5 】

尚、高頻度計算ブロック部の処理は、図 1 に示す如く、シミュレータ本体 1 2 に 1 個の CPU 1 2 a を設け、そこで同期処理して行うが、第 2 の CPU を設け、第 2 の CPU で同期処理して行っても良い。

【 0 0 8 6 】

図 1 6 において次いで S 1 0 2 に進み、計算したモデルの出力に基づいて格納された変速制御アルゴリズムを検証・評価する。

【 0 0 8 7 】

図 1 9 は、図 1 に示すシミュレータ 1 0 の出力を示す説明グラフである。図 1 9 において (a) はドライブシャフトトルク T D S およびエンジン回転数 N e を、(b) は 1 速クラッチ C 1 および 2 速クラッチ C 2 への油圧指令値を、(c) はそれに基づいて供給される油圧を示す。

【 0 0 8 8 】

図 1 9 (a) (c) で「実車」とは、格納した変速制御アルゴリズムに従って得られるべき値を示し、計算結果がそれらに良く追従、換言すれば、格納された変速制御アルゴリズムを良く検証・評価できることが理解できよう。即ち、例えば、図 1 に示すディスプレイ 2 4 上に実車値と計算結果を着色を変えるなどして識別自在に表示することで、格納された変速制御アルゴリズムを精度良く検出・評価することが理解できよう。

【 0 0 8 9 】

この実施の形態においては、上記の如く、内燃機関（エンジン）に接続され、所定の制御アルゴリズムに従って少なくともスロットル開度  $\theta_{TH}$  および車速  $V$  に基づいて油圧アクチュエータ（クラッチ  $C_n$ ）を介して前記内燃機関の出力を

変速して駆動輪に伝達する車両用の自動変速機（ミッションT）の制御装置（電子制御ユニット（ECU）16）の開発支援装置（シミュレータ10）において、前記自動変速機の制御装置に接続され、その変速制御アルゴリズムを入力して格納する格納手段（シミュレータ本体12のメモリ12b）、少なくとも前記スロットル開度および車速を意味する信号と前記油圧アクチュエータの動作用信号を含む疑似信号を生成する疑似信号生成手段（リニアソレノイド疑似信号発生器18、シフトソレノイド疑似信号発生器20、入出力インターフェース14）、前記生成された疑似信号を入力し、前記格納された変速制御アルゴリズムに従って予め設計された前記内燃機関、自動変速機および車体系の動作をそれぞれ記述する第1（エンジンモデル）、第2（ミッションモデル）、および第3のモデル（車体系モデル）を用いて第1の計算処理周期（ $200\mu\text{sec}$ ）ごとに前記第1、第2、および第3のモデルの出力を計算する第1の計算手段（シミュレータ本体12、CPU12a、S100）、前記計算された第1および第2のモデルの出力を入力し、予め設計された前記第2のモデルの中の非線形な動作を記述する第4のモデル（クラッチ部および積分要素のモデル）を用いて前記第1の計算処理周期よりも短い第2の計算処理周期（ $20\mu\text{sec}$ ）ごとに前記第4のモデルの出力を計算する第2の計算手段（シミュレータ本体12、CPU12a、S100）、および前記第1の計算手段によって計算された前記第1から第3のモデルの出力に基づいて前記格納された変速制御アルゴリズムを検証・評価する評価手段（シミュレータ本体12、CPU12a、S102）、を備える如く構成した。

#### 【0090】

また、前記第4のモデルが、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作を記述するモデル（クラッチ部および積分要素のモデル）である如く構成した。

#### 【0091】

また、前記第2の計算処理周期が、前記第4のモデルの入力に対するステップ応答結果に基づいて決定される如く構成した。

#### 【0092】

また、前記第4のモデルが入力を $\lambda$ 関数を介して出力するように構成されると

共に、前記第 2 の計算処理周期が、前記  $\lambda$  関数の逆数に比例するように決定される如く構成した。

【 0 0 9 3 】

【発明の効果】

請求項 1 項にあっては、格納された変速制御アルゴリズムに従って予め設計された内燃機関、自動変速機および車体系の動作をそれぞれ記述する第 1、第 2、および第 3 のモデルを用いて第 1 の計算処理周期ごとにモデルの出力を計算すると共に、計算された第 1 および第 2 のモデルの出力を入力し、予め設計された第 2 のモデルの中の非線形な動作を記述する第 4 のモデルを用いて第 1 の計算処理周期よりも短い第 2 の計算処理周期ごとに第 4 のモデルの出力を計算し、第 1 の計算手段によって計算された第 1 から第 3 のモデルの出力に基づいて格納された変速制御アルゴリズムを検証・評価する如く構成したので、非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

【 0 0 9 4 】

請求項 2 項にあっては、第 4 のモデルが、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作を記述するモデルである如く構成したので、変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作のような非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

【 0 0 9 5 】

請求項 3 項にあっては、第 2 の計算処理周期が、第 4 のモデルの入力に対するステップ応答結果に基づいて決定される如く構成したので、第 2 の計算処理周期を的確に決定することができ、よって変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作のような非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

【 0 0 9 6 】

請求項 4 項にあっては、第 4 のモデルが入力を  $\lambda$  関数を介して出力するように

構成されると共に、第 2 の計算処理周期が、 $\lambda$  関数の逆数に比例するように決定される如く構成したので、第 2 の計算処理周期を一層的確に決定することができ、よって変速時の前・次段クラッチの油圧供給動作のような非線形性の高い変速制御クラッチの動作を含む変速制御装置の動作を実機上と同様の環境で実時間でシミュレートして変速制御アルゴリズムを検証・評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の一つの実施の形態に係る変速制御装置の開発支援装置（シミュレータ）を全体的に示す説明図である。

【図 2】

図 1 の開発支援装置（シミュレータ）の設計手順を示すフロー・チャートである。

【図 3】

図 1 の開発支援装置（シミュレータ）が前提とする自動変速機（ミッション）の説明断面図である。

【図 4】

図 3 の自動変速機の運動方程式を示す説明図である。

【図 5】

図 4 に示す運動方程式を前提としてエンジンから車体系までの全体をモデル化した場合の説明ブロック図である。

【図 6】

図 5 の中のミッションモデルの説明ブロック図である。

【図 7】

図 6 の中のクラッチ部および積分要素をモデル化した場合の説明ブロック図である。

【図 8】

図 7 で使用される  $\lambda$  関数の機能を説明する説明図である。

【図 9】

同様に図 7 で使用される  $\lambda$  関数の機能を説明する説明図である。



【図 1 0】

図 6 のミッションモデルを詳細に示す説明ブロック図である。

【図 1 1】

図 1 0 のミッションモデルの中のクラッチ部および積分要素の入力トルクに対する 1 速クラッチ伝達トルクの応答を示すシミュレーションデータである。

【図 1 2】

エンジン系、ミッション部、車体系のステップ応答を比較する説明グラフである。

【図 1 3】

モデル内のイナーシャに対する刻み時間（時定数。モデル計算処理周期）を示すシミュレーションデータである。

【図 1 4】

モデル内の  $\lambda$  関数に対する刻み時間（時定数。モデル計算処理周期）を示すシミュレーションデータである。

【図 1 5】

モデル内のギヤレシオに対する刻み時間（時定数。モデル計算処理周期）を示すシミュレーションデータである。

【図 1 6】

図 1 のシミュレータの動作を示すフロー・チャートである。

【図 1 7】

図 5 に示す全体モデルの刻み時間を  $200 \mu \text{sec}$  のみとしたときのシミュレーションデータである。

【図 1 8】

図 5 に示す全体モデルの刻み時間を  $200 \mu \text{sec}$  とすると共に、ミッションモデルの中のクラッチ部および積分要素を  $20 \mu \text{sec}$  としたときのシミュレーションデータである。

【図 1 9】

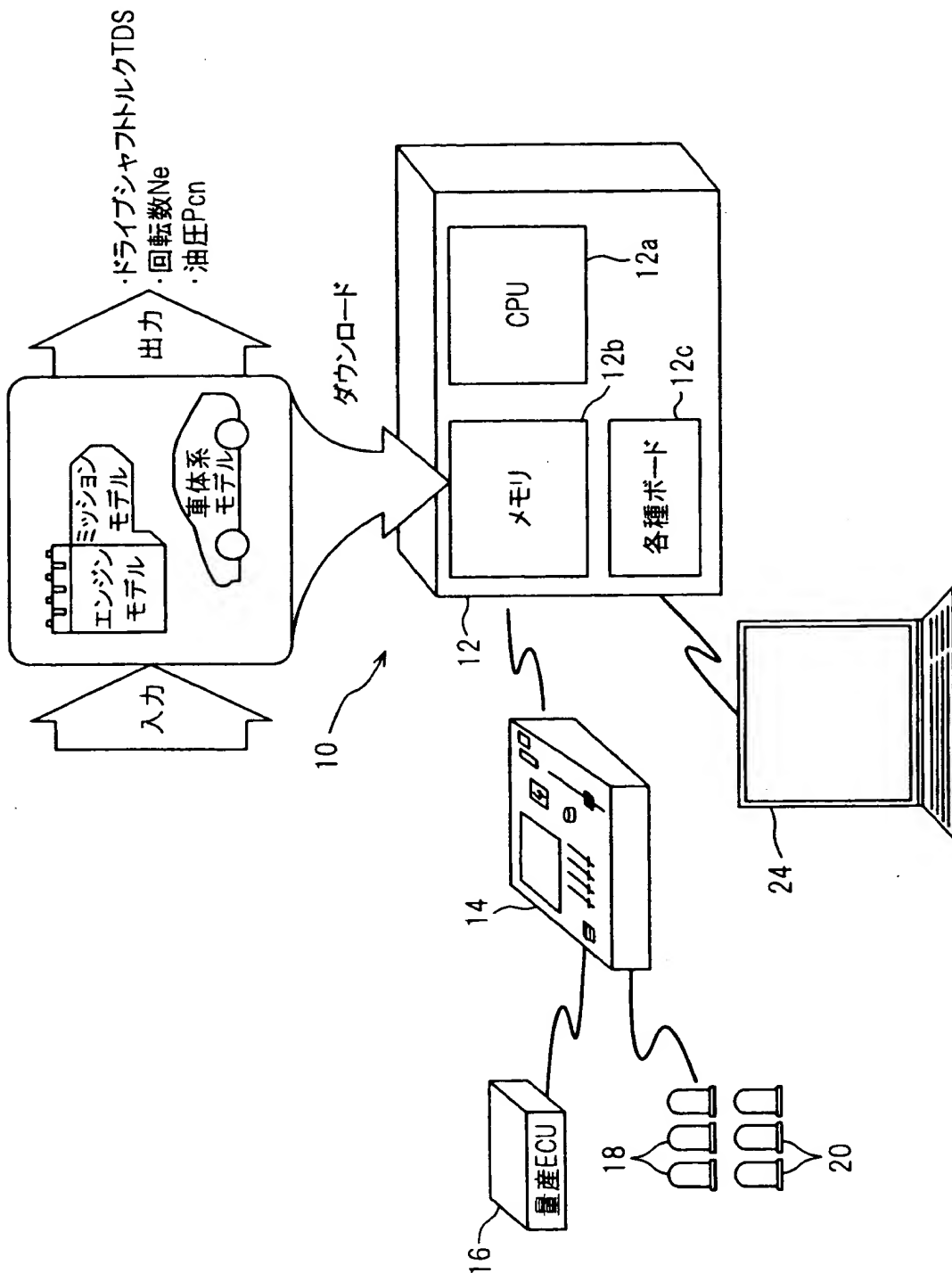
図 1 のシミュレータによるドライブシャフトトルクなどのシミュレーション結果を示すデータ図である。

【符号の説明】

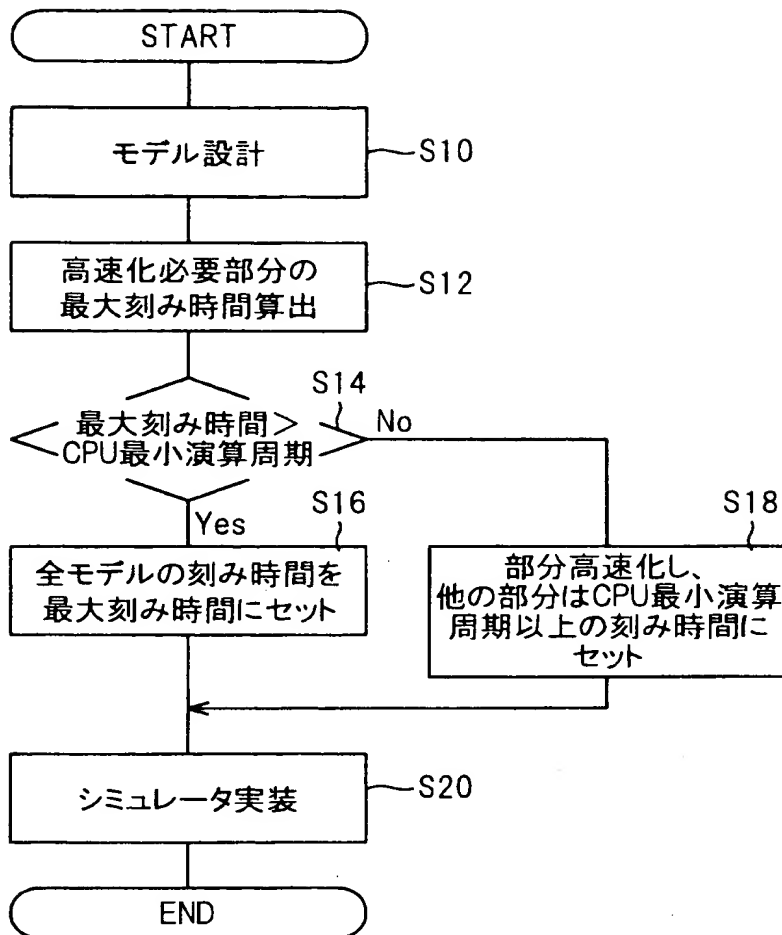
T	自動変速機（ミッション）
C n	クラッチ
1 0	変速制御装置の開発支援装置（シミュレータ）
1 2	シミュレータ本体
1 4	入出力インターフェース
1 6	電子制御ユニット（E C U。変速制御装置）
1 8	リニアソレノイド疑似信号発生器
2 0	シフトソレノイド疑似信号発生器
2 4	ディスプレイ

【書類名】 図面

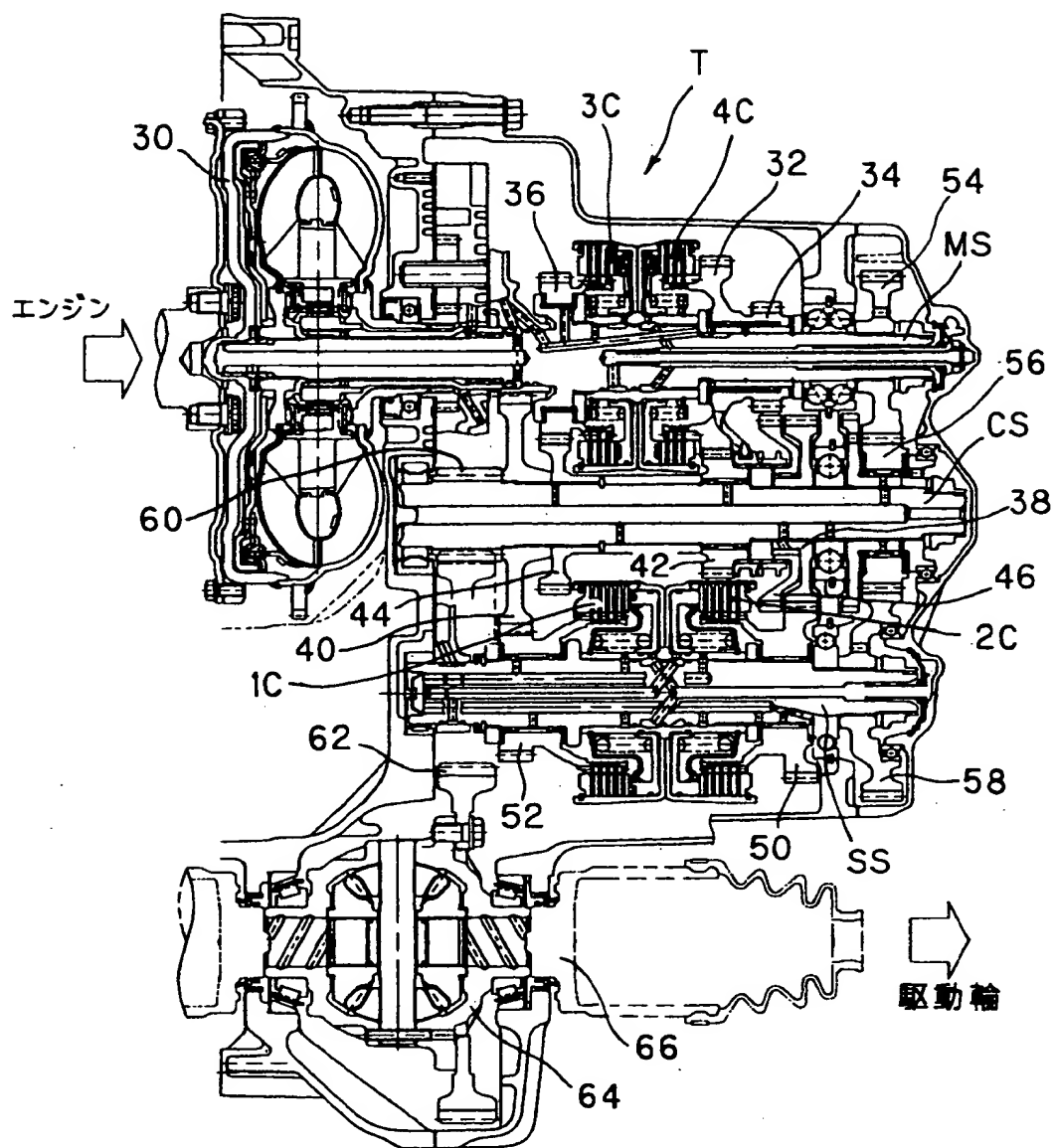
【図 1】



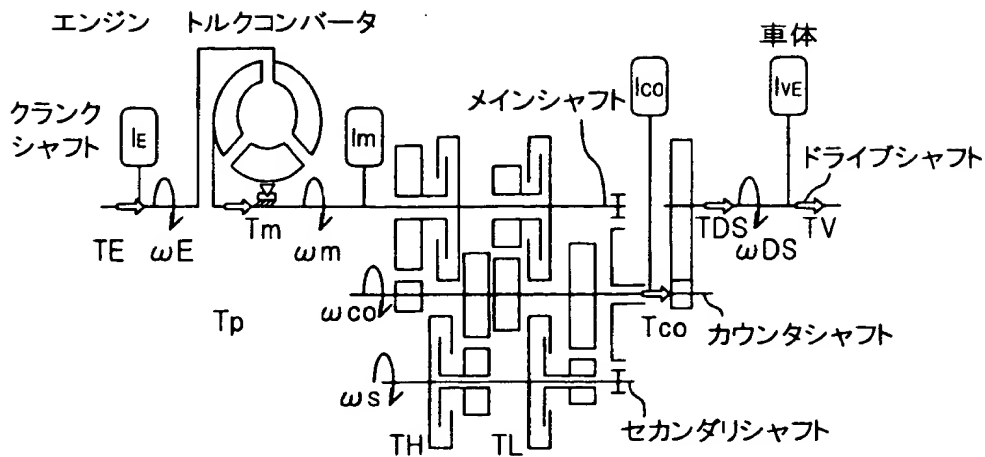
【図 2】



【図 3】



【図 4】



エンジン  $TE - T_p - I_E \cdot \dot{\omega}_E = 0$  (1)

トルクコンバータ  $T_p = \tau (\dot{\omega}_E / 1000)^2$  (2)

$T_m = \kappa \cdot T_p$  (3)

メインシャフト  $T_m - T_L - T_H - I_m \cdot \dot{\omega}_m = 0$  (4)

カウンタシャフト  $T_{co} - T_L \cdot i_L - T_H \cdot i_H + I_{co} \cdot \dot{\omega}_{co} = 0$  (5)

ドライブシャフト  $T_{DS} = T_{co} \cdot i_F$  (6)

$T_{DS} - T_V - I_{DS} \cdot \dot{\omega}_{DS} = 0$  (7)

過渡状態

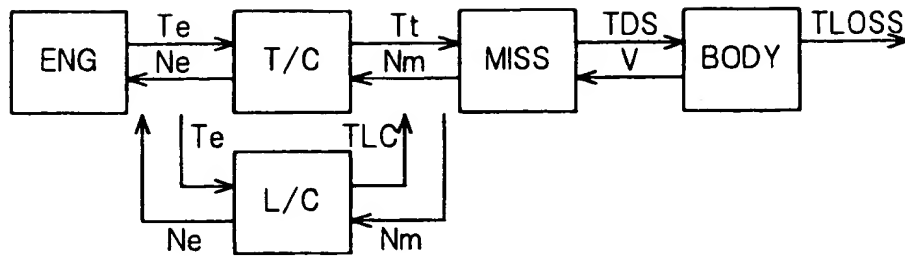
相	メインシャフト	カウンタシャフト
ローギヤドライブ	$T_m = T_L$ (8)	$T_{co} = T_m \cdot i_L$ (9)
トルク相	$T_m = T_H + T_L$ (10)	$T_{co} = T_m \cdot i_L - T_H \cdot (i_L - i_H)$ (11)
イナーシャ相	$T_m = T_H - I_m \cdot \dot{\omega}_m$ (12)	$T_{co} = T_H \cdot i_H$ (13)
ハイギヤドライブ	$T_m = T_H$ (14)	$T_{co} = T_m \cdot i_H$ (15)

上記で

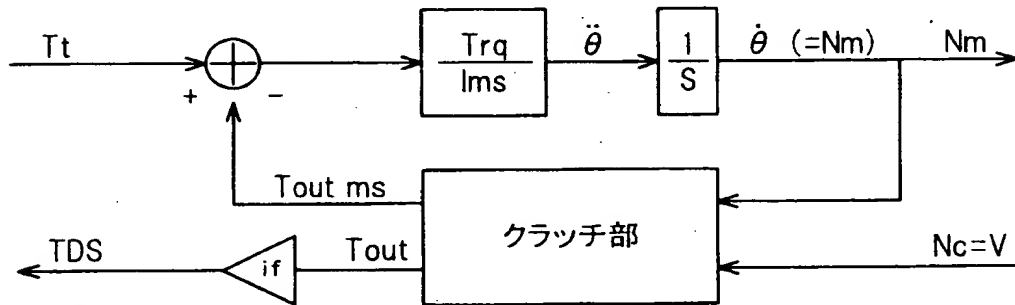
TL: ハイギヤクラッチの伝達トルク

TH: ローギヤクラッチの伝達トルク

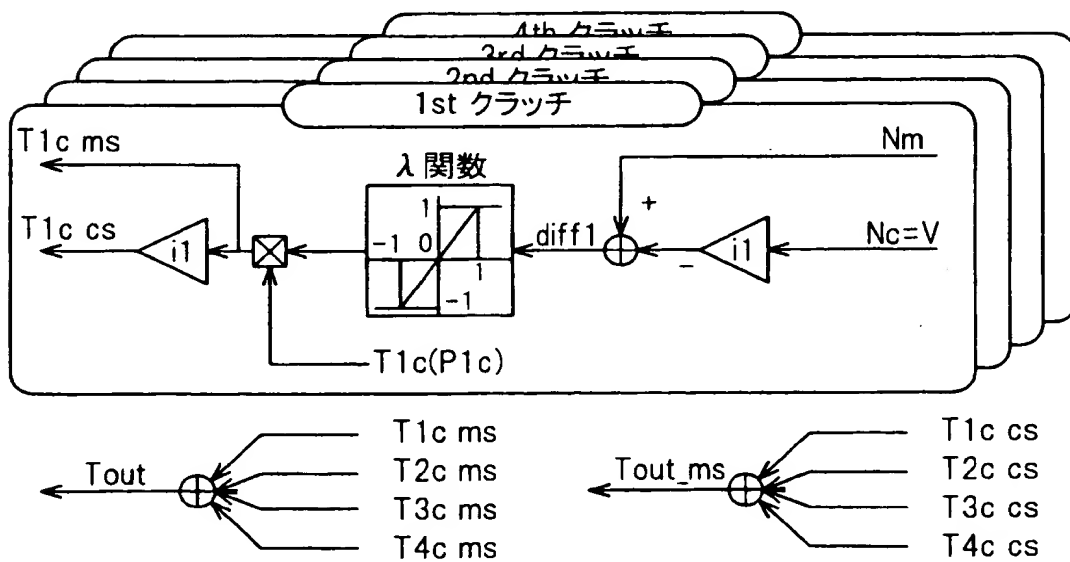
【図 5】



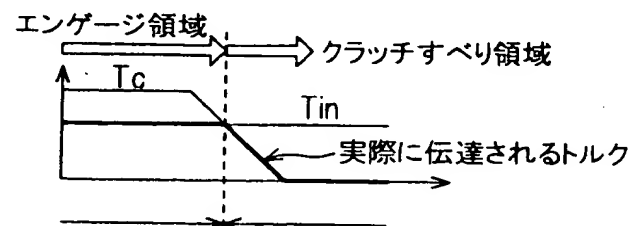
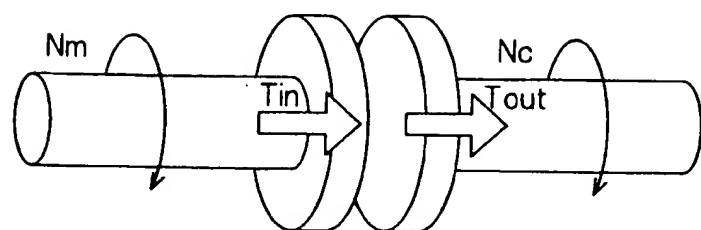
【図 6】



【図 7】



【図 8】

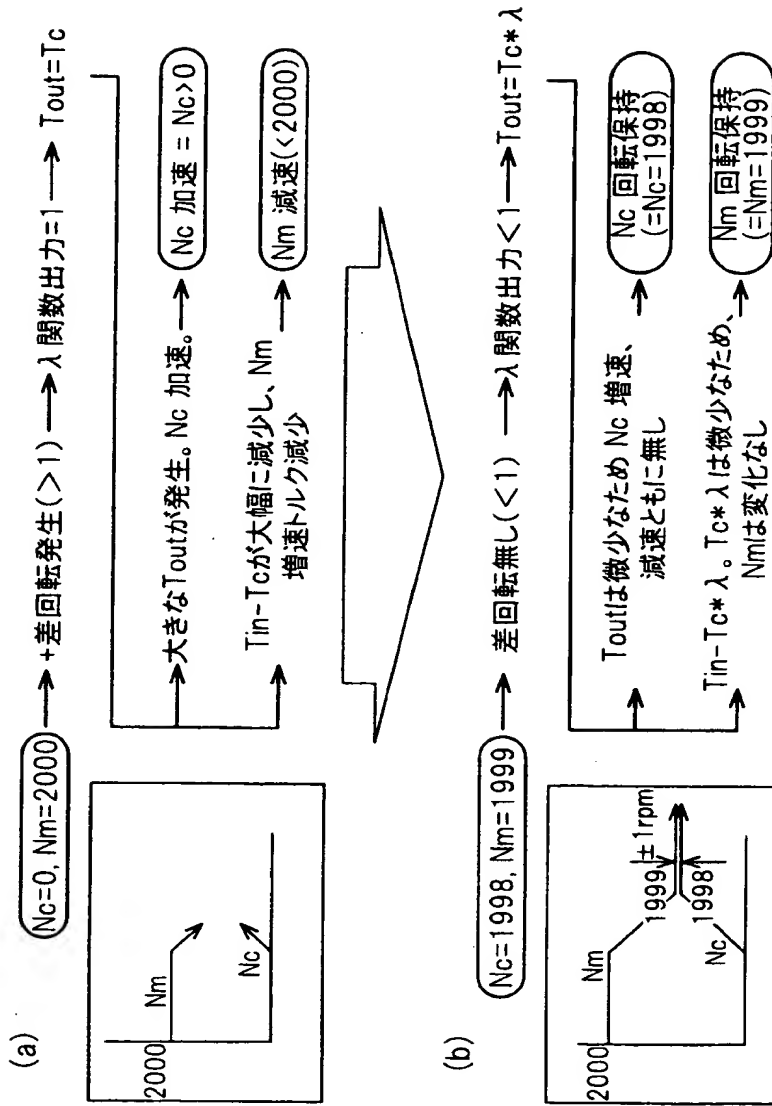


$\lambda$  関数出力  $< 1$        $\lambda$  関数出力  $= 1$

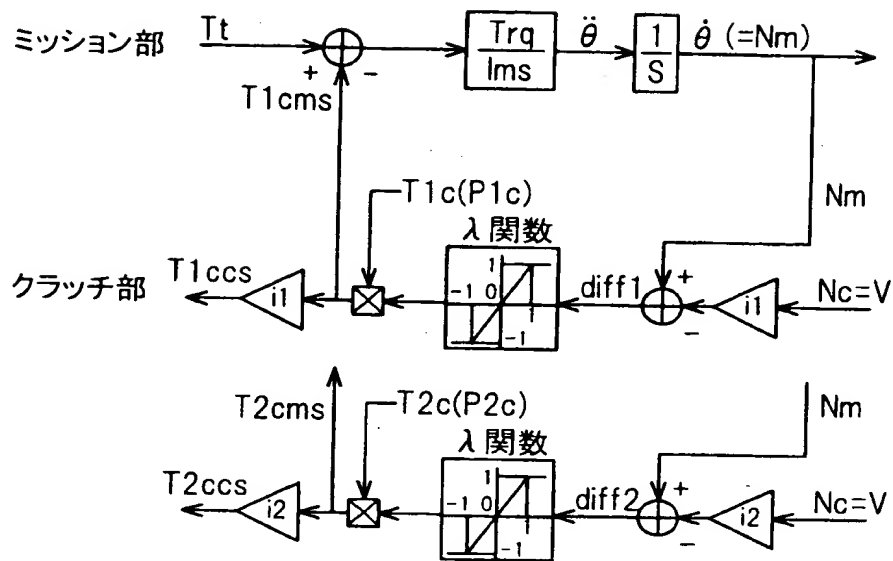
エンゲージ領域での伝達トルク  $= T_{in} = T_c * \lambda$  (ここで、 $\lambda < 1$ )



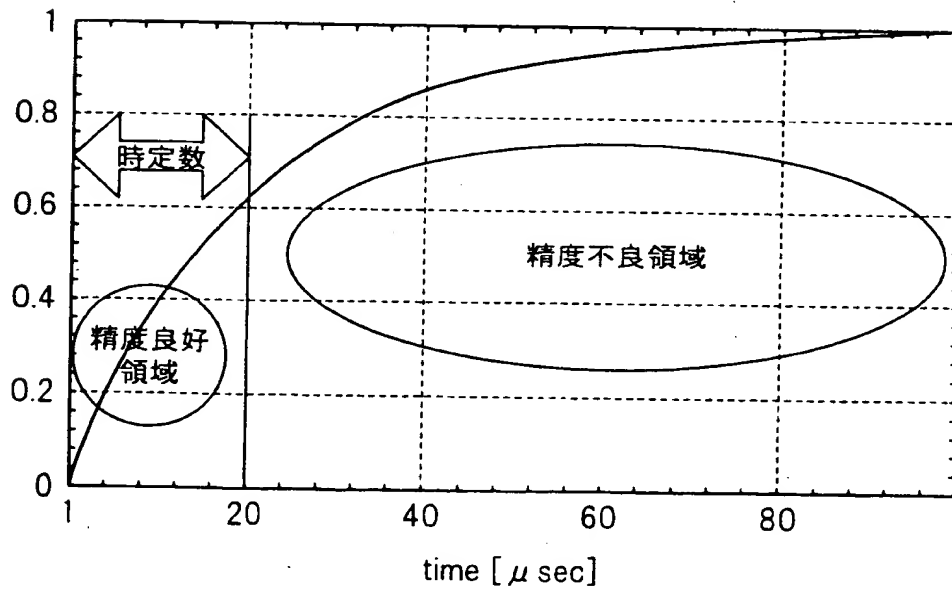
【図 9】



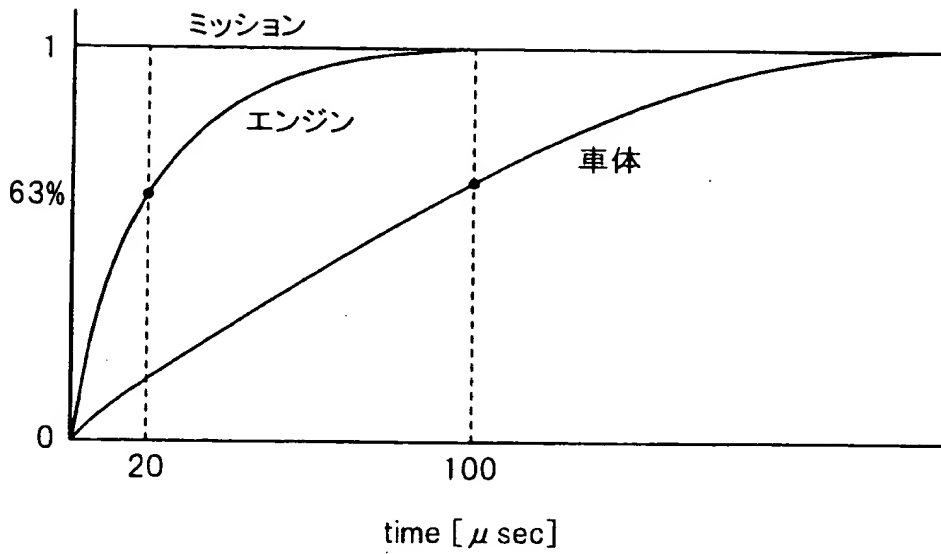
【図 10】



【図 11】

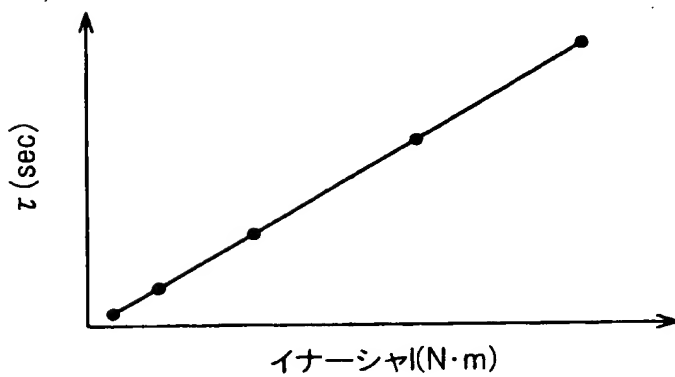


【図 1 2】

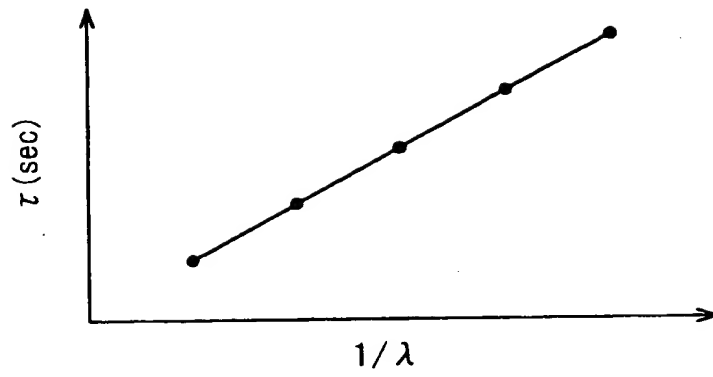


エンジンイナーシャ=0.3kgf・m<sup>2</sup>  
 ミッションイナーシャ=0.007kgf・m<sup>2</sup>  
 車体イナーシャ換算=130.5kgf・m<sup>2</sup>

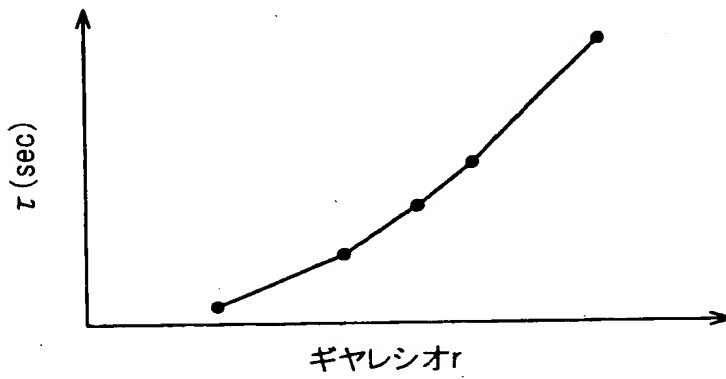
【図 1 3】



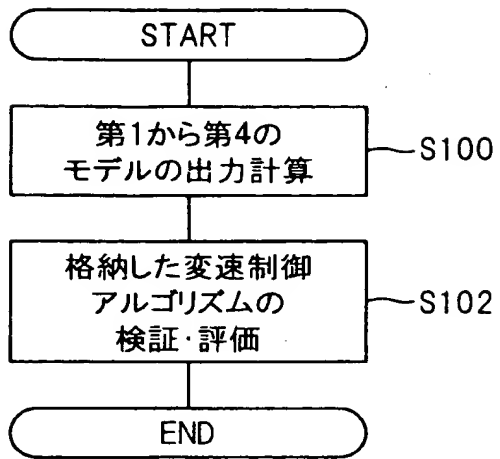
【図 14】



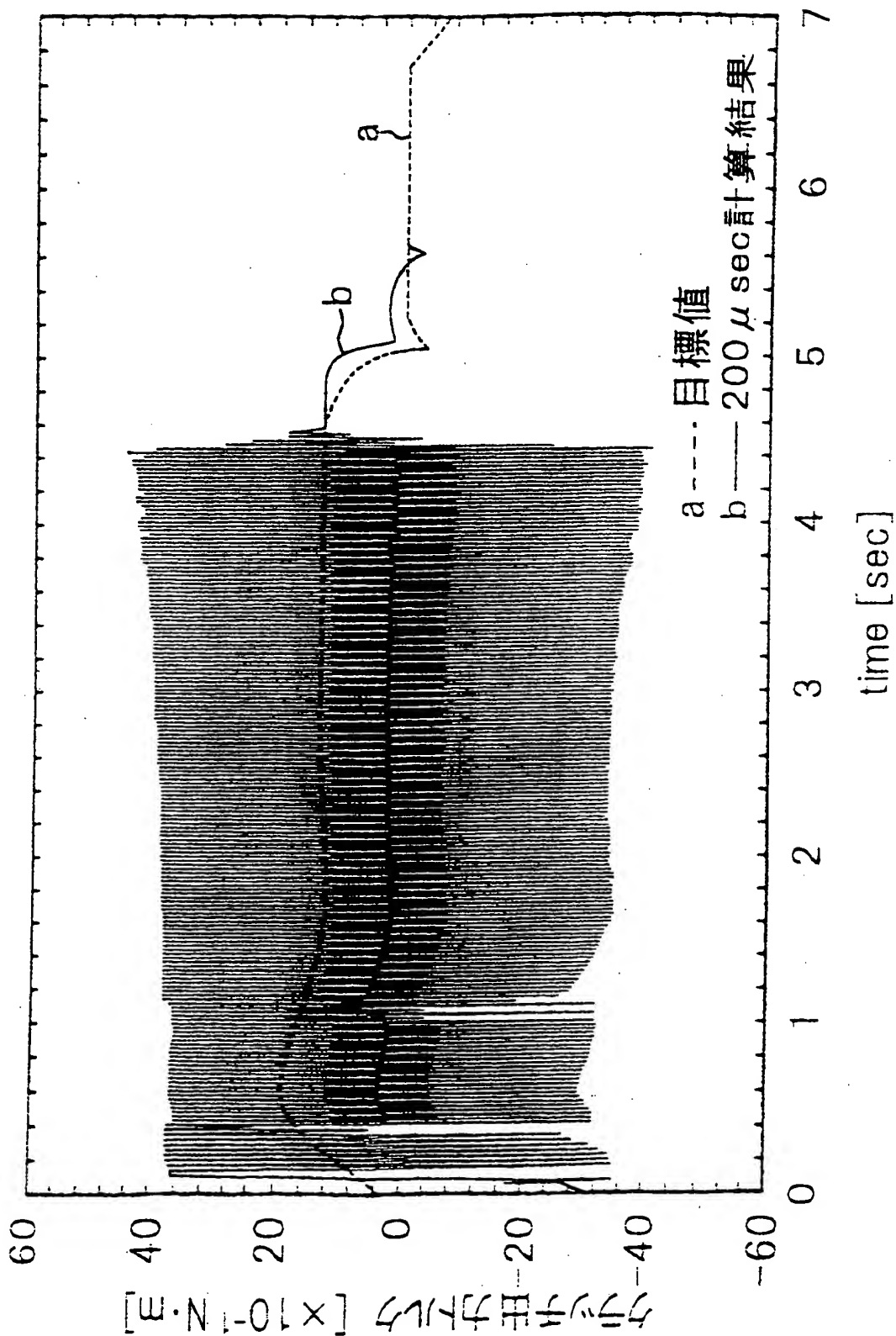
【図 15】



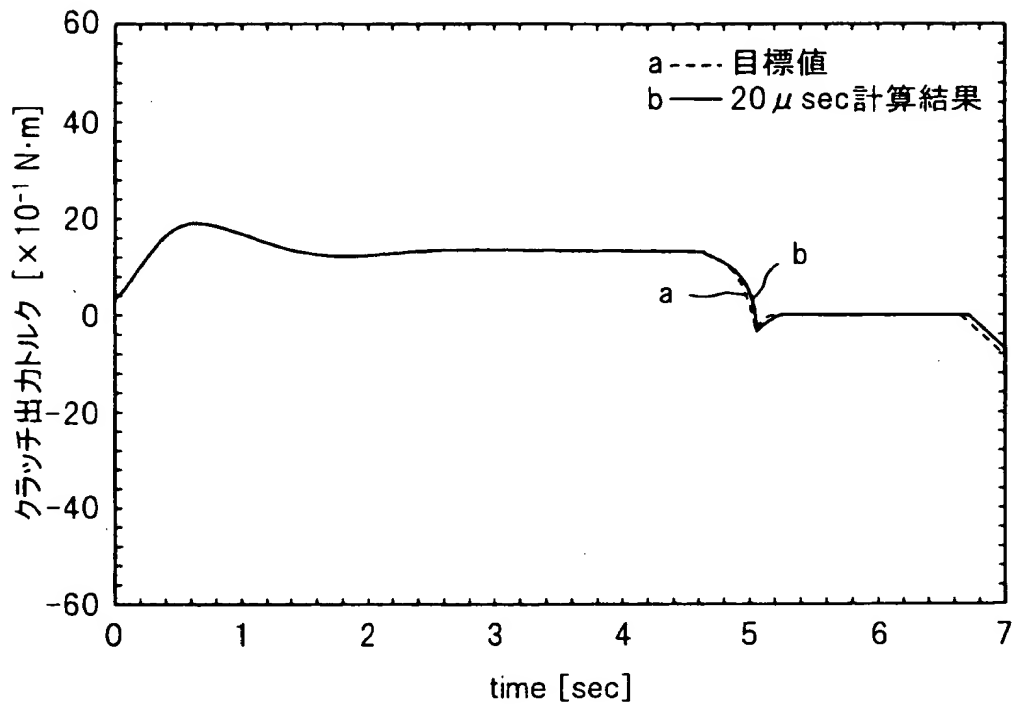
【図 1 6】



【図17】



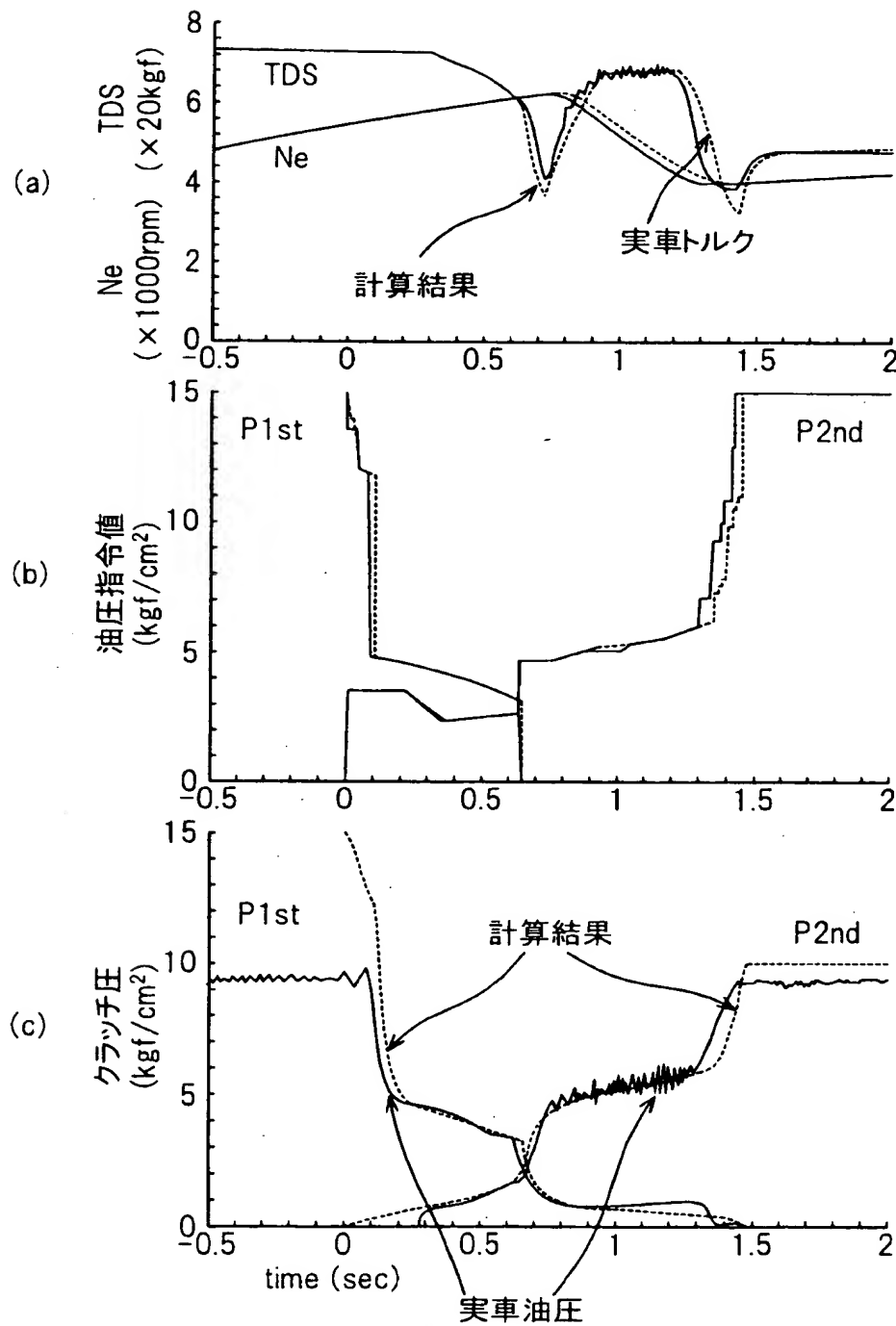
【図 1 8】



【図 19】

実線:実車結果、 破線:計算結果

th=WOT





【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    非線形性の高い変速クラッチの動作を含む変速制御アルゴリズムを実機と同様の環境で検証・評価するシミュレータを提供する。

【解決手段】    変速制御アルゴリズムを入出力インターフェース 1 4 を介してシミュレータ本体 1 2 a のメモリ 1 2 b に格納し、予め設計されたエンジン、ミッション、車体系のモデルに基づいてモデル間の出力を  $200\mu\text{sec}$  ごとに計算して検証・評価するとき、ミッションモデルの中の変速クラッチの動作部分については  $20\mu\text{sec}$  で計算する。

【選択図】            図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区南青山二丁目1番1号  
氏 名 本田技研工業株式会社